

Ryszard PORĘBSKI

Politechnika Poznańska

BADANIA ROZKŁADU PIONOWYCH OBCIĄŻEŃ PODTORZA NA DŁUGOŚCI PODKŁADU

Streszczenie. W referacie przedstawiono wyniki pomiarów dynamicznych obciążeń przekazywanych przez nawierzchnię kolejową na podtorze na długości podkładów. Badaniem objęto pięć wariantów nawierzchni z podkładami drewnianymi i strunobetonowymi z zastosowaniem amortyzujących przekładek gumowych.

1. WSTĘP

Na współpracę nawierzchni kolejowej z podtorzem ma wpływ wiele różnorodnych czynników [4, 5]. Jednym z nich jest rodzaj podkładów, a szczególnie ich sztywność [1], zaś czynnikiem decydującym o stanie naprężeń i przemieszczeń w podłożu są zmienne siły obciążające [3].

Mając na uwadze złożony charakter oddziaływań zachodzących w eksploatowanym torze na styku nawierzchni z podtorzem [6], przeprowadzono na stanowisku badawczym cykl powtarzalnych pomiarów [5], podczas których wymuszano i kontrolowano takie parametry, jak siły obciążające i rodzaj nawierzchni, co umożliwiło wyodrębnienie i poznanie pewnych prawidłowości występujących podczas współpracy różnych typów nawierzchni z podłożem.

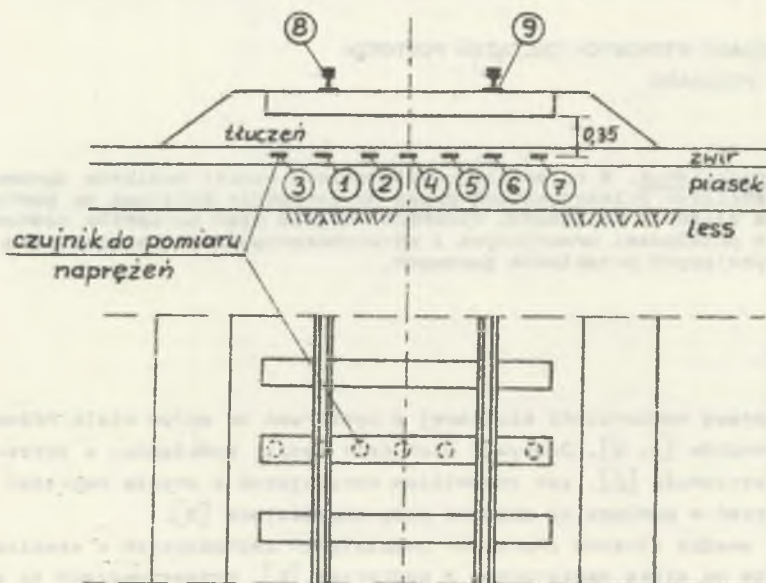
W referacie ograniczono się do przedstawienia i omówienia tylko niektórych wyników pomiarów naprężeń pionowych w podtorzu. Badania przeprowadzono na poligonie doświadczalnym podczas dynamicznego obciążania odcinka toru z podkładami drewnianymi i betonowymi z zastosowaniem amortyzujących przekładek podszytowych.

2. OPIS BADAŃ POLIGONOWYCH

Badania prowadzono na stanowisku pomiarowym składającym się z odcinka toru z szynami S49 ułożonymi na trzech podkładach. Podłoże ramy toru składało się z podsypki tłuczniowej, pod którą w warstwie żwiru umieszczono czujniki pomiarowe do rejestracji naprężeń. Głębiej zalegała warstwa piasku drobnego grubości 0,4 m, spoczywająca bezpośrednio na gruncie ro-

dziwym. Schemat stanowiska badawczego wraz z lokalizacją punktów pomiarowych przedstawiono na rys. 1.

Czujniki pomiarowe do rejestracji naprężeń pionowych w podtorzu zostały rozmieszczone pod podkładem środkowym, symetrycznie względem osi toru. Ustawiano je w żwirze pod warstwą podsypki na głębokości 0,35 m od spodu podkładu. Do pomiaru sił obciążających służyły tensometry naklejone na stopce i główce szyny (punkty nr 8 i 9 na rys. 1).



Rys. 1. Schemat stanowiska pomiarowego z lokalizacją czujników do pomiaru naprężeń w podtorzu

Fig. 1. A scheme of the measuring position including the localization of sensors for stress measurements in subgrade

Do wymuszenia siły obciążającej przeszło pomiarowe stosowano urządzenie symulujące obciążenia stabilizacyjne (USOS) [2], które umożliwia, poprzez zestaw kołowy, zadawanie pionowej siły dynamicznej o charakterze uderowym. Regulację siły uderu można przeprowadzić poprzez zmianę częstotliwości obrotów niewyważonej masy lub też poprzez zmianę mimośrodowość tej masy.

Badania obejmowały pomiary oddziaływań dwóch rodzajów podkładów na podtorze: drewnianych typu I/B oraz strunobetonowych PBS-1. W przypadku podkładów strunobetonowych przeprowadzono cztery cykle pomiarowe z zastosowaniem gumowych przekładek amortyzujących w następujących wariantach:

- szyny ułożone bezpośrednio bez przekładek,
- szyny ułożone na przekładkach z gumy perforowanej o grubości 9 mm,

- c) szyny ułożona na przekładkach z gumy pełnej o grubości 15 mm,
- d) szyny ułożona bez przekładek, z gumą o grubości 15 mm wbudowaną między podkład a podsypkę.

Łącznie badania prowadzono dla pięciu wariantów nawierzchni, przy czym dla każdego cyklu realizowano obciążenia dynamiczne, podczas których różnicowano wielkość siły obciążającej, jak również obciążenia statyczne.

Pomiary prowadzono wielokanałowo z wykorzystaniem dwóch zestawów aparatury tensometrycznej.

3. OMÓWIENIE WYNIKÓW POMIARÓW

Analizując pomierzone w tych badaniach rozkłady naprężeń w podtorzu na długości podkładów stwierdzono, że dla nawierzchni z podkładami betonowymi i przekładkami amortyzującymi z gumy pełnej i perforowanej nie występują istotne różnice w przenoszeniu obciążeń na podtorze. Dlatego w dalszej analizie te dwa warianty nawierzchni traktowane są łącznie.

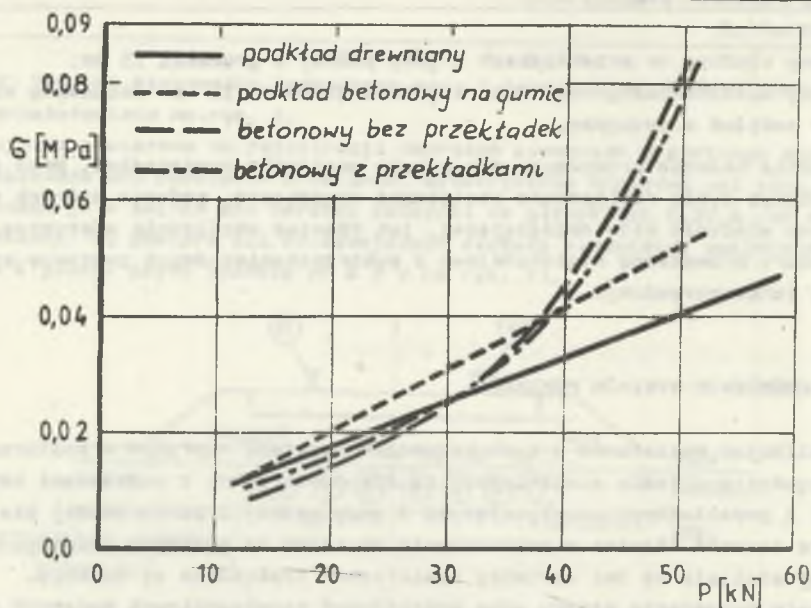
W celu porównania między sobą oddziaływań poszczególnych badanych wariantów nawierzchni na podtorze, wyznaczono zależności naprężeń w podtorzu od pionowej siły obciążającej szynę, przy czym mając na uwadze oddalenie od przenoszenia obciążeń na podłoża na długości podkładów, analizuje się nie naprężenia w poszczególnych punktach pomiarowych, lecz ich średnie wartości wyznaczone dla strefy podszynowej, środkowej i całego podkładu.

Na rys. 2 przykładowo pokazano zależności wartości średniej naprężeń na długości podkładu od siły obciążającej dla analizowanych rodzajów nawierzchni.

Z porównania tych zależności wynika, że dla przebadanego zakresu wartości siły obciążającej podobny charakter mają obciążenia pochodzące od podkładów betonowych bez przekładek i z przekładkami, a różnią się one zasadniczo od obciążeń pochodzących od podkładów drewnianych i betonowych ułożonych na warstwie gumy. Różnica ta się szczególnie widoczna dla większych wartości siły obciążającej, kiedy to występowały efekty udarowego obciążenia nawierzchni.

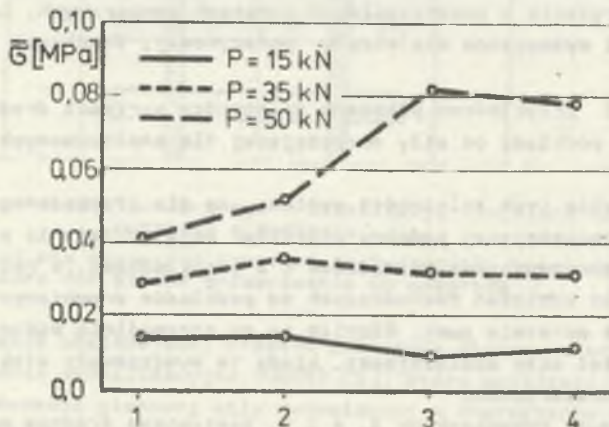
Na kolejnych rysunkach nr 3, 4 i 5, zestawiono średnie wartości naprężeń w podtorzu, odpowiednio dla całej długości oraz podszynowej i środkowej części podkładu, dla trzech wartości siły obciążającej ($P = 15, 35$ i 50 kN), nazwanych umownie małą, średnią i dużą, dla czterech badanych rodzajów nawierzchni.

Na podstawie tych zależności można stwierdzić, że w zakresie małych i średnich wartości sił obciążających, różnice w przenoszeniu obciążeń przez poszczególne rodzaje nawierzchni są nieduże i wynikają głównie z odmiennego charakteru współdziałania podstawy podkładu z podsypką (podło-



Rys. 2. Zależność średnich na długości podkładu naprężeń pionowych w podtorzu od wielkości siły obciążającej

Fig. 2. Vertical stress in subgrade averaged over the length of a sleeper versus the changing load

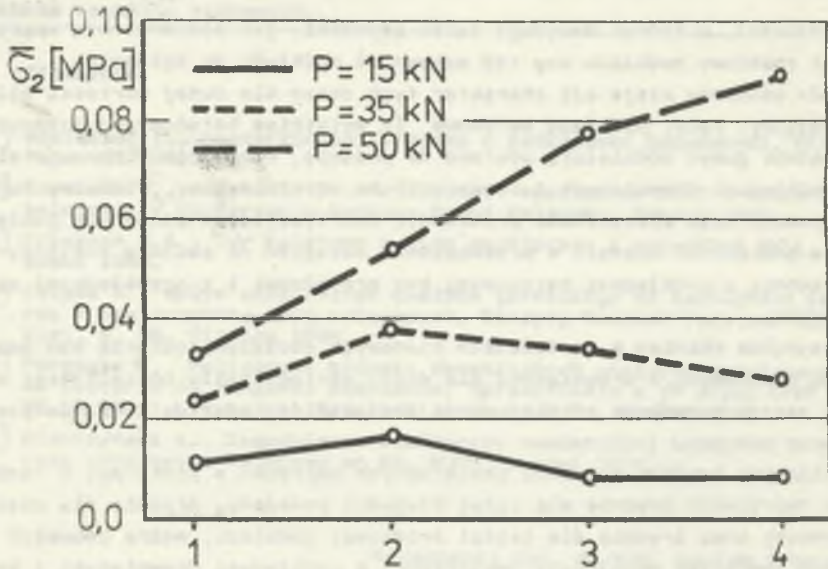


Rys. 3. Zestawienie średnich na długości podkładu wartości naprężeń w podtorzu w zależności od wielkości siły obciążającej dla różnych rodzajów nawierzchni

1 - podkłady drewniane, 2 - podkłady betonowe na warstwie gumy, 3 - podkłady betonowe bez przekładek, 4 - podkłady betonowe z przekładkami gumowymi

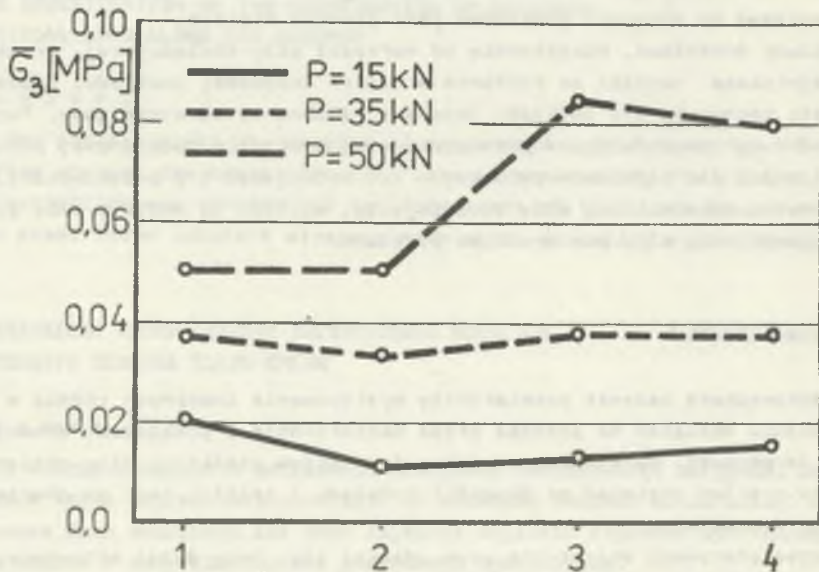
Fig. 3. Vertical stress in subgrade averaged over the length of a sleeper versus changing load for different kinds of track structure

1 - wooden sleepers, 2 - concrete sleepers on a rubber layer, 3 - concrete sleepers without dividers, 4 - concrete sleepers with rubber dividers



Rys. 4. Zestawienie średnich wartości naprężeń w podtorzu dla podszynowej części podkładu, (oznaczenia jak na rys. 3)

Fig. 4. The average stress in subgrade for sleeper element under the rail, (notation as in Fig. 3)



Rys. 5. Zestawienie średnich wartości naprężeń w podtorzu pod środkiem podkładu, (oznaczenia jak na rys. 3)

Fig. 5. The average stress in subgrade under the middle part of the sleeper, (notation as in Fig. 3)

zam podkładu), o którym decydują takie czynniki, jak powierzchnia oparcia, kształt podstawy podkładu czy też sztywność podkładu na zginanie.

Zgoła odmienny staje się charakter tych zmian dla dużej wartości siły obciążającej. Tutaj podkłady betonowe (z wyjątkiem betonowych ułożonych na warstwie gumy) oddziałują uderowo na podłoże, czego nie obserwuje się przy podkładach drewnianych i betonowych na warstwie gumy. Widoczna tutaj jest również mała skuteczność przekładek amortyzujących ułożonych pomiędzy szyną a podkładem. Różnice w przenoszeniu obciążeń na podłoże pomiędzy nawierzchnią z podkładami betonowymi bez przekładek i z przekładkami są nieznaczne.

Maksymalne różnice w wartościach pionowych obciążeń podtorza pod podkładami betonowymi i drewnianymi dla dużej wartości siły obciążającej w takich samych warunkach przekazywania obciążeń dochodzą do 100%, co jest wartością znaczną.

Analizując średnie wartości pomierzonych naprężeń w podtorzu, w rozbiciu na naprężenia średnie dla całej długości podkładu, średnie dla części podszynowej oraz średnie dla części środkowej podkładu, można zauważyć odmienny charakter współpracy nawierzchni z podkładami drewnianymi i betonowymi z podsypką i podtorzem na długości podkładów. Należy w tym miejscu zaznaczyć, że na głębokości 0,35 m od spodu podkładu, na jakiej mierzone naprężenia, występuje znaczny wpływ efektu wyrównywania naprężeń. Można zatem sądzić, że w strefie kontaktowej podkładu z podsypką zmienność naprężeń na długości podkładów jest jeszcze większa.

Podkłady drewniane, niezależnie od wartości siły obciążającej, przekazują największe naciski na podtorze w części środkowej podkładu. Zgoła odwrotnie zachowują się podkłady betonowe ułożone na warstwie gumy. Tutaj maksymalne wartości nacisków przekazywane są w strefie podszynowej podkładu. Natomiast dla podkładów betonowych bez przekładek i z przekładkami, w zależności od wielkości siły obciążającej, większe są naciski albo pod strefą podszynową albo pod środkiem podkładu.

4. ZAKOŃCZENIE

Przeprowadzone badania potwierdziły występowanie znacznych różnic w przenoszeniu obciążeń na podłoże przez nawierzchnię z podkładami drewnianymi i betonowymi. Wyraźnie zauważalny jest wpływ wielkości siły obciążającej na rozkład obciążeń na długości podkładu i zależny jest on również od rodzaju podkładu.

Podczas uderowego obciążania szyn ujawnił się, przy dużej sztywności i bezwładności nawierzchni z podkładami betonowymi, efekt znacznego przenoszenia dynamicznych obciążeń na podłoże, którego nie wytłumiają przekładki z gumy umieszczone między szyną a podkładem. Radykalną poprawę uzyskano w tym względzie dopiero w przypadku podkładów ułożonych na warstwie gumy.

LITERATURA

- [1] Basiewicz T., Nawierzchnia kolejowa z podkładami betonowymi. WKiŁ, Warszawa 1969.
- [2] Czyczuła W., Sólkowski J., Modelowanie współpracy USOS z nawierzchnią kolejową. V Konferencja Naukowa Drogi Kolejowe. Gdańsk 1989.
- [3] Friezman M.A., Tor kolejowy i jego współpraca z pojazdami WKiŁ, Warszawa 1983.
- [4] Kłosek K., Wpływ odkształceń podłoża górniczego na współpracę podtorza z nawierzchnią dróg kolejowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, z. 66, Gliwice 1988.
- [5] Porębski R., Poligonowe badania dynamicznych obciążeń przekazywanych na podtorze na długości podkładów, Sprawozdanie z IV etapu CPBP - 02.19.06.11, Instytut Inżynierii Lądowej P.P., Poznań 1989.
- [6] Siewczyński Ł., Zagadnienia współpracy nawierzchni kolejowej z podtorzem gruntowym. Rozprawy nr 66. WUPP, Poznań 1974.

Recenzent: Doc. dr hab. Lucjan Siewczyński

Wpłynęło do Redakcji 9.04.1991 r.

THE INVESTIGATION OF THE DISTRIBUTION OF SUBGRADE
VERTICAL LOAD ALONG THE SLEEPER

S u m m a r y

The paper reports the results of measurements of dynamic load transmitted through the track structure onto subgrade along the sleeper. The investigation was carried out for five kinds of track structures on wooden and prestressed concrete sleepers with shock absorbing rubber dividers.

ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ НАГРУЗОК
ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ВДОЛЬ ШПАЛЫ

Р е з ю м е

В статье содержатся результаты измерений динамической нагрузки, передаваемой через верхнее строение пути на земляное полотно вдоль шпалы. Исследования были выполнены для пяти вариантов верхнего строения пути на деревянных шпалах с амортизационными резиновыми прокладками.